

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-248854

(43)公開日 平成 5年(1993) 9月28日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 21/00	L	7907-2F		
G 0 5 D 3/00	G	9179-3H		
3/12	W	9179-3H		
G 1 2 B 5/00	T	6843-2F		

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 11 頁)

(21)出願番号	特願平4-48900	(71)出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
(22)出願日	平成 4年(1992) 3月 5日	(72)発明者	田畑 文夫 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(72)発明者	関口 英紀 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(72)発明者	鎌田 徹 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(74)代理人	弁理士 伊東 忠彦 (外 2名) 最終頁に続く

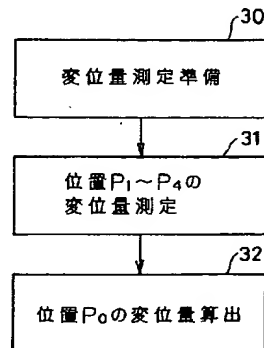
(54)【発明の名称】 可動ステージの変位量超精密測定方法

(57)【要約】

【目的】 本発明は可動ステージの変位量超精密測定方法に関し、可動ステージの所定の位置の変位量をナノメートルオーダーで測定可能とする方法を実現することを目的とする。

【構成】 可動ステージ内であって、且つ変位量を測定しようとする位置 P_0 の周囲の複数の位置の $P_1 \sim P_4$ 変位量を測定する工程 31と、この工程により得た上記複数の位置 $P_1 \sim P_4$ の夫々の変位量に基づいて上記所定の位置の変位量を算出する工程 32とより構成する。

本発明の可動ステージの変位量超精密測定方法の第1実施例を説明する図



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 可動ステージの所定の位置の変位量を測定する方法であって、

上記可動ステージ内であって、且つ上記所定の位置の周囲の複数の位置の変位量を測定する工程(31)と、
該複数位置変位量測定工程により得た上記複数の位置の夫々の変位量に基づいて上記所定の位置の変位量を算出する工程(32)とよりなる構成としたことを特徴とする可動ステージの変位量超精密測定方法。

【請求項2】 可動ステージの所定の位置の変位量を測定する方法であって、

上記可動ステージ内であって、且つ上記所定の位置の周囲の複数の位置の変位量を測定する工程(31)と、
該複数位置変位量測定工程により得た上記複数の位置の夫々の変位量に基づいて上記所定の位置の変位量を算出する工程(32)と、

上記可動テーブルの温度分布による前記所定の位置の、温度が上記可動テーブル全体に亘って既知であったとした場合の上記所定の位置に対するオフセット量を求めて、該オフセット量によって上記算出工程によって得た変位量を補正する補正工程(40、42~45)とよりなる構成としたことを特徴とする可動ステージの変位量超精密測定方法。

【請求項3】 可動ステージの所定の位置の変位量を測定する方法であって、

上記可動ステージ内であって、且つ上記所定の位置の周囲の複数の位置の変位量を測定する工程(31)と、
該複数位置変位量測定工程により得た上記複数の位置の夫々の変位量に基づいて上記所定の位置の変位量を算出する工程(32)と、

上記可動テーブルの応力分布による前記所定の位置の、応力が上記可動テーブル全体に亘って既知であったとした場合の上記所定の位置に対するオフセット量を求めて、該オフセット量によって上記算出工程によって得た変位量を補正する補正工程(50、51~54)とよりなる構成としたことを特徴とする可動ステージ変位量超精密測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体製造用の可動ステージの中央の位置の変位量を超精密に測定する方法に関する。

【0002】半導体の集積度の向上に伴い、露光装置等の半導体製造装置についても、可動ステージをナノメータ或いはサブナノメータのオーダーで超精密に位置決めすることが要求される。

【0003】このためには、前提として、可動ステージの変位量をナノメータ或いはサブナノメータのオーダーで超精密に測定することが必要とされる。

【0004】このためには、アップの誤差、即ち、実際

2

に位置決めが必要とされる位置(例えば可動テーブルのうちウェハが載置される中央部)と測定位置との間に或る距離が存在することに起因する誤差等を考慮する必要がある。

【0005】ここで、説明の便宜上、露光装置の可動ステージ構造1について、図15を参照して説明する。

【0006】コ字状フレーム2は粗動テーブル(図示せず)上に固定してある。

【0007】3は可動ステージであり、四隅を弾性体4によってフレーム2に支持されている。

【0008】可動ステージ3の一つの側面5とフレーム2との間に圧電素子6が接着固定してある。

【0009】可動ステージ3は、圧電素子6の伸縮変形によって、図15中二点鎖線で示すように、矢印 X_1 方向に変位力を付与され、弾性体3の弾性変形を伴って X_1 方向に変位される。全体の変位量は数 $10\mu m$ である。

【0010】圧電素子6は伸縮の制御がサブナノメータのオーダーの精密さで可能であるため、可動ステージ3はサブナノメータのオーダーで変位される。

【0011】

【従来の技術】従来は、図16に示すように、可動ステージ3の側面7にレーザ測長器10よりのレーザ11をあて、側面6の変位を測定していた。

【0012】本来的には、可動ステージ3のうち、ウェハの実際の露光位置の変位量を測定することか望ましいけれども、露光等の作業との関係で上記部位については変位量の測定が出来ないことが多い。そこで代替的に、側面6を利用しているものである。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上記の可動ステージ構造において、可動ステージをサブナノメータのオーダーで位置決めするには、可動ステージの真直度を上げたり、外部振動による影響を受けにくくするために、弾性体4として従来よりも剛性の大きなものを使用する必要がある。

【0014】弾性体4の剛性を上げると、これに応じて圧電素子6としても駆動力の大きいものを使用する必要がある。

【0015】このように、剛性の大きな弾性体及び駆動力の大きい圧電素子が使用されると、可動ステージに作用する力 F が大きくなり、従来は剛性とみなすことができた可動ステージ3も、サブナノメータオーダーでみると剛性とみなすことが出来なくなる。

【0016】即ち、図16中、可動ステージ3の側面5のうち弾性体4の近傍の変位量 a と、側面6のステージ中央近傍の変位量 b については、 $a \neq b$ ($a > b$)となり、可動ステージ3は変形する。

【0017】このため、側面6の位置を計測しても、実際に必要となる可動ステージ3の中央の変位量を、高精

10

20

30

40

50

3

度に測定することは出来なくなる。

【0018】そこで、本発明は、可動ステージの変形も考慮して可動ステージの中央位置の変位量を超精密に測定することを可能とした可動ステージの変位量超精密測定方法を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、可動ステージの所定の位置の変位量を測定する方法であって、上記可動ステージ内であって、且つ上記所定の位置の周囲の複数の位置の変位量を測定する工程と、該複数位置変位量測定工程により得た上記複数の位置の夫々の変位量に基づいて上記所定の位置の変位量を算出する工程とよりなる構成としたものである。

【0020】請求項2の発明は、可動ステージの所定の位置の変位量を測定する方法であって、上記可動ステージ内であって、且つ上記所定の位置の周囲の複数の位置の変位量を測定する工程と、該複数位置変位量測定工程により得た上記複数の位置の夫々の変位量に基づいて上記所定の位置の変位量を算出する工程と、上記可動テーブルの温度分布による前記所定の位置の、温度が上記可動テーブル全体に亘って既知であったとした場合の上記所定の位置に対するオフセット量を求めて、該オフセット量によって上記算出工程によって得た変位量を補正する補正工程とよりなる構成としたものである。

【0021】請求項3の発明は、可動ステージの所定の位置の変位量を測定する方法であって、上記可動ステージ内であって、且つ上記所定の位置の周囲の複数の位置の変位量を測定する工程と、該複数位置変位量測定工程により得た上記複数の位置の夫々の変位量に基づいて上記所定の位置の変位量を算出する工程と、上記可動テーブルの応力分布による前記所定の位置の、応力が上記可動テーブル全体に亘って既知であったとした場合の上記所定の位置に対するオフセット量を求めて、該オフセット量によって上記算出工程によって得た変位量を補正する補正工程とよりなる構成としたものである。

【0022】

【作用】請求項1の発明において、複数位置を測定する工程と、変位量を算出する工程とを設けた構成は、アッベの誤差を無くするように作用する。

【0023】請求項2の発明において、補正工程を設けた構成は、可動ステージの温度分布に起因する変形による測定誤差を無くするよう作用する。

【0024】請求項3の発明において、補正工程を設けた構成は、可動ステージの応力分布に起因する変形による測定誤差を無くするよう作用する。

【0025】

【実施例】

【実施例1】説明の便宜上、本発明の測定方法を適用しうる可動ステージ構造10について、図2等を参照して説明する。

4

【0026】同図中、図Aに示す構成部分と対応する部分には同一符号を付す。

【0027】可動ステージ3Aには、中央位置11(P₀)を囲む部位に、具体的には、四つの各辺12, 13, 14, 15の中央の部位に、STM(Scanning Tunneling Microscope)用針16, 17, 18, 19が夫々、図3に拡大して示すトライボット型圧電素子ステージ20に組み付けられて取り付けられている。

【0028】針16~19は、グラファイト等のスケールとなる得る板(図示せず)に近接し、STMを構成する。

【0029】これにより、可動ステージ3Aのうち、図4中、円で示す4つの位置P₁~P₄の変位量がサブナノメータのオーダーで測定される。

【0030】次に、上記構成の可動ステージ構造10を使用して行われる本発明の可動ステージ変位量超精密測定方法の一実施例において、図1を参照して説明する。

【0031】まず、変位量測定準備工程30を行う。

【0032】ここでは停止させた状態で、トライボット型圧電素子ステージ20を動作させて、STM用針16~19を固定スケール板(図示せず)に近接させ、トンネル状態に持ち込む。

【0033】次に、位置P₁~P₄の変位量測定工程31を行う。

【0034】圧電素子6を駆動して伸長させ、弾性体4の弾性変形を伴って、可動ステージ3Aを矢印X₁方向に変位させる。

【0035】このときに、可動ステージ3Aは、例えば図5に誇張して示すように変形する。

【0036】前記の点P₁~P₄は、点P_{1a}~P_{4a}へ移動する。

【0037】このときに、STMにより、移動した原子の数を数えることによって各点P₁~P₄の夫々の変位量をサブナノメータのオーダーで測定する。

【0038】ここで、可動ステージ3Aのうち、点P₁は点P_{1a}に移動し、点P₁の変位量は、X軸方向変位量が ΔX_1 、Y方向変位量が ΔY_1 であったと仮定する。

【0039】点P₂は点P_{2a}に移動し、点P₂の変位量は、X軸方向変位量が ΔX_2 、Y方向変位量が ΔY_2 であったと仮定する。

【0040】点P₃は点P_{3a}に移動し、点P₃の変位量は、X軸方向変位量が ΔX_3 、Y方向変位量が ΔY_3 であったと仮定する。

【0041】また、点P₄は点P_{4a}に移動し、点P₄の変位量は、X軸方向変位量が ΔX_4 、Y方向変位量が ΔY_4 であったと仮定する。

【0042】最後に、位置P₀の変位量(ΔX_0 , ΔY_0)の算出工程32を行う。

【0043】算出は、簡易的には、次式に基づいて行う

5

$$\Delta X_0 = (\Delta X_1 + \Delta X_2 + \Delta X_3 + \Delta X_4) / 4 \quad \dots$$

$$\Delta Y_0 = (\Delta Y_1 + \Delta Y_2 + \Delta Y_3 + \Delta Y_4) / 4 \quad \dots$$

これにより、可動ステージ3Aの中央の位置 P_0 の変位量が、X軸方向変位量が ΔX_0 であり、Y軸方向変位量が ΔY_0 が求まる。

【0044】この変位量 ΔX_0 、 ΔY_0 は、共に、応力勾配が可動ステージ3A全体に亘って略一様であり可動ステージ3Aが略平均的に変形していることを前提として求められた値である。

【0045】なお、この求められた変位量 ΔX_0 、 ΔY_0 によって、圧電素子6がフィードバック制御されて駆動され、可動ステージ3Aの中央位置 P_0 の変位量はサブナノメータのオーダーで位置決めすることができる。

【0046】〔実施例1の変形例〕なお、可動ステージ3Aのうち、変位量を求める位置が中央位置 P_0 よりずれた位置である場合には、前記の変位量 $\Delta X_1 \sim \Delta X_4$ 、 $\Delta Y_1 \sim \Delta Y_4$ を上記の位置に応じて比例配分する等の方法を用いればよい。

【0047】〔実施例2〕本実施例は、温度分布による可動ステージの変形をも考慮して、位置 P_0 の変位量を測定しようとするものである。

【0048】本実施例の可動ステージの変位量超精密測定方法は、図6に示すように、図1に示す工程30、31、32に、補正工程40を加えた構成である。

【0049】この補正工程40は、以下に説明するように行われる。

【0050】この補正工程40を行う前提として、図7に示す対応図表41を予め作成しておく。

【0051】この対応図表41は、可動ステージ3Aに生じた一様な温度勾配（例えば圧電素子6が熱源となって生ずる）と、可動ステージ3Aの中央位置 P_0 のオフセット量との関係を、有限要素法等を用いて何種類か求めて作成したものである。

【0052】ここで、オフセット量とは、温度勾配があるときの中央位置 P_0 のX座標の温度勾配が全くない場合の同じく中央位置 P_0 のX座標に対するずれ量という。

【0053】図7中、線Iは、X軸方向の温度勾配として中央位置 P_0 のX軸方向オフセットとの関係を示す。

【0054】次に、補正工程40について説明する。

【0055】まず、温度分布測定工程42を行う。

【0056】ここでは、図8に示すように、可動ステージ3Aに白金抵抗体47をマトリクス状に配設して、可動ステージ3AのX軸方向上の温度分布を測定する。

【0057】白金抵抗体47に代えて、熱電対又は水晶温度計を用いてもよい。

【0058】次いで、温度勾配を求め工程43を行う。ここでは、最小二乗法を用いて、図9中線IIで示す直線的温度勾配を求める。次いで、オフセット量求め工程44を行う。

6

【0059】図7の対応図表41を使用して、図9に線IIで示す温度勾配に対する、可動ステージ3Aの中央位置 P_0 のオフセット量を求める。

【0060】最後に、変位量補正工程45を行う。

【0061】ここでは前記の工程32で求めた変位量に対して上記オフセット量を加算又は減算して、変位量を補正する。

【0062】これにより、可動ステージ3Aの中央位置 P_0 の変位量は、前記ステージ3Aの圧電素子6及び弾性体4により作用された力による変形に加えて、温度による熱膨張をも考慮に入れて求められ、上記第1実施例に比べて更に高精度に求まる。

【0063】また、図10に示すように、白金抵抗47を可動ステージ3Aの上下面に配設することもできる。

【0064】この構成によれば、上下の測定温度の平均値をとることにより、可動ステージ3Aaの内部の温度分布を考慮することが出来、これを利用すれば、上記に比べて中央位置 P_0 の変位量はより精度良く求まる。

【0065】〔実施例3〕本実施例は、応力分布による可動ステージの変形をも考慮して、位置 P_0 の変位量を測定しようとするものである。

【0066】本実施例の可動ステージの変位量超精密測定方法は、図11に示すように、図1に示す工程30、31、32に、補正工程50を加えた構成である。

【0067】この補正工程50は、以下に説明するように行われる。

【0068】まず、応力分布測定工程51を行う。

【0069】ここでは、図11に示すように、マトリクス状に配置した歪みセンサ57によって、可動ステージ3Bの応力分布を測定する。

【0070】次に応力分布平均値を求め工程52を行う。

【0071】ここでは、図12に示すように、目標とする位置 P_0 よりX軸の+側の領域60、同じく位置 P_0 よりX軸の-側の領域61、位置 P_0 よりY軸の+側の領域62、位置 P_0 よりY軸の-側の領域63の四個所の夫々について、応力平均値を求める。このとき、応力の平均値は、各領域60～63を弾性体とみなして求める。

【0072】次に、伸縮量求め工程53を行う。

【0073】ここでは、上記の各領域60～63の平均応力から、その領域60～63が伸縮する量 ΔX_{11} 、 ΔX_{12} 、 ΔY_{11} 、 ΔY_{12} を求める。

【0074】次に、変位量補正工程54を行う。

【0075】ここでは、上記の伸縮量からX軸方向の平均値 $(\Delta X_{11} + \Delta X_{12}) / 2$ 、及びY軸方向の平均値 $(\Delta Y_{11} + \Delta Y_{12}) / 2$ を求める。

【0076】次いで、前記の工程32で求めた変位量に

10

20

30

40

50

対して、上記の平均値を加算又は減算して、変位量を補正する。

【0077】これにより、可動ステージ3Bの中央位置 P_0 の変位量は、前記の圧電素子6及び弾性体4により作用された力による変形に加えて、応力の分布による変形をも考慮に入れて求められ、上記第1実施例の比べて更に高精度に求まる。

【0078】〔その他〕本発明は、図14に示す、X-Y方向に変位可能な構造の可動ステージ構造70にも適用することが出来る。

【0079】70はX方向駆動用圧電素子、71はY方向駆動用圧電素子である。

【0080】弾性体72は、圧電素子70が駆動されたときに変形して可動ステージ3Aが矢印X方向に変位することを可能とする平行板ばねである。

【0081】弾性体73は、圧電素子71が駆動されたときに変形して可動ステージ3Aが矢印Y方向に変位することを可能とするものである。

【0082】また、上記のSTMに代えてAFM (Atomic Force Microscope) を用いてもよい。

【0083】

【発明の効果】以上説明した様に、請求項1の発明によれば、アッペの誤差を無くして、可動ステージの所定の位置の変位量をナノメータ或いはサブナノメータのオーダーで超精密に測定することが出来る。

【0084】請求項2の発明によれば、可動ステージの温度分布に起因する変形をも考慮に入れて、上記所定位置の変位量を測定することが出来、従って請求項1の発明より更に精密に測定することが出来る。

【0085】請求項3の発明によれば、可動ステージの応力分布に起因する複雑な変形をも考慮に入れて、上記所定位置の変位量を測定することが出来、従って請求項1の発明より更に精密に測定することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の可動ステージの変位量超精密測定方法の第1実施例を説明する図である。

【図2】本発明の測定方法を適用しうる可動ステージ構造を示す図である。

【図3】図2中のトライボット型圧電素子ステージを示す図である。

【図4】可動ステージの測定位置を示す図である。

【図5】可動ステージの測定位置を示す図である。

【図6】本発明の可動ステージの変位量超精密測定方法の第2実施例を説明する図である。

【図7】対応図表を示す図である。

【図8】白金抵抗体が組込まれた可動ステージを示す図である。

【図9】可動ステージのX軸方向の温度勾配を示す図である。

【図10】白金抵抗体を上下面に組込んだ可動ステージを示す図である。

【図11】本発明の可動ステージの変位量超精密測定方法の第3実施例を説明する図である。

10 【図12】歪センサを組込んだ可動ステージを示す図である。

【図13】可動ステージを複数の領域に区画したことを示す図である。

【図14】本発明の測定方法を適用しうるX-Y可動ステージ構造を示す図である。

【図15】露光装置の可動ステージ構造を示す図である。

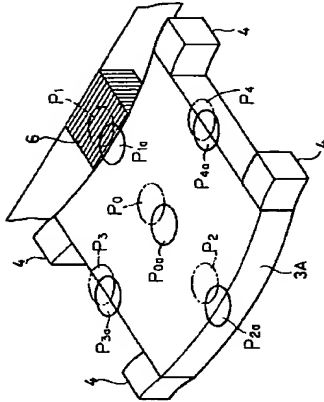
【図16】従来の測定方法を示す図である。

【符号の説明】

- 20 2 コ字状フレーム
- 3A 可動ステージ
- 10 可動ステージ構造
- 12~15 辺
- 16~19 STM用針
- 20 トライボット型圧電素子ステージ
- 30 変位量測定準備工程
- 32 位置 $P_1 \sim P_4$ の変位量測定工程
- 33 位置 P_0 の変位量算出
- 40 補正工程
- 30 41 対応図表
- 42 温度勾配求め工程
- 43 温度分布勾配求め工程
- 44 オフセット量求め工程
- 45 変位量補正工程
- 47 白金抵抗体
- 50 補正工程
- 51 応力分布測定工程
- 52 応力平均値求め工程
- 53 伸縮量求め工程
- 40 54 変位量補正工程
- 57 歪センサ
- 60~63 領域
- 70 X-Y可動ステージ構造

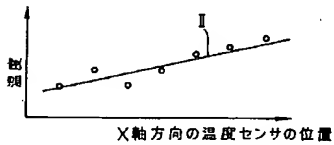
【図5】

変位後の可動ステージの変形を誇張して示す図



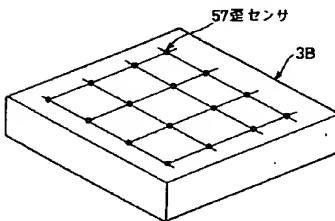
【図9】

可動ステージのX軸方向の温度勾配を示す図



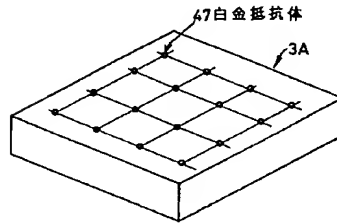
【図12】

重センサを組み込んだ可動ステージを示す図



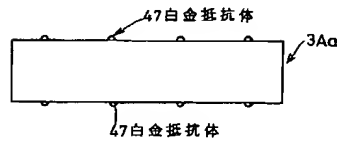
【図8】

白金抵抗体が組込まれた可動ステージを示す図



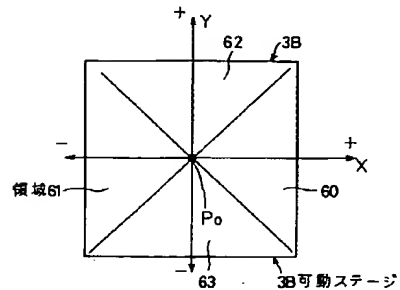
【図10】

白金抵抗体を上下面に組込んだ可動ステージを示す図



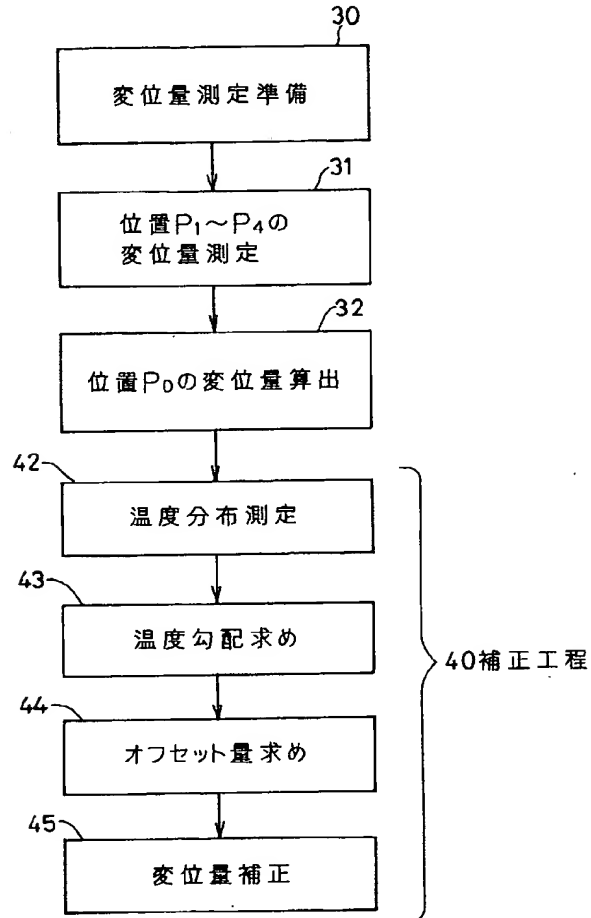
【図13】

可動ステージを複数の領域に区画したことを示す図



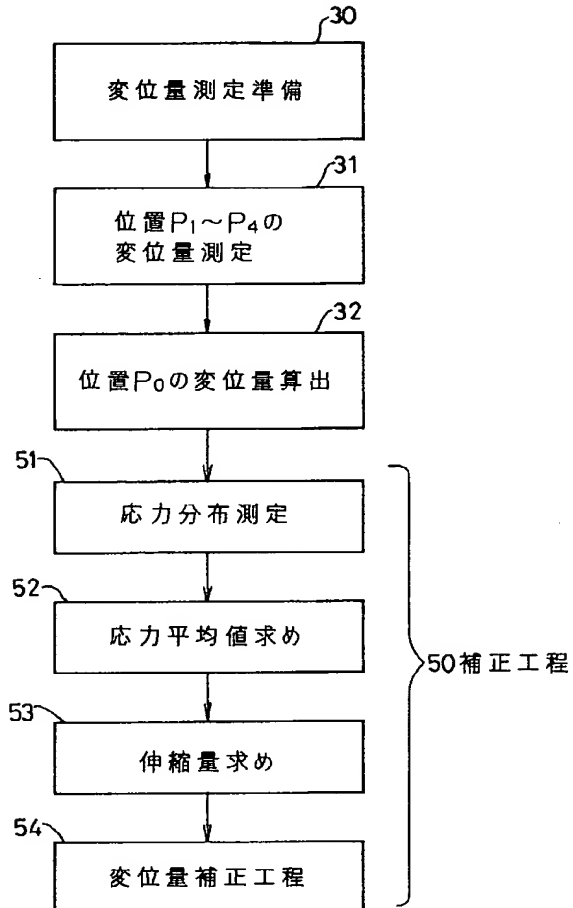
【図6】

本発明の可動ステージの変位量超精密測定方法
の第2実施例を説明する図



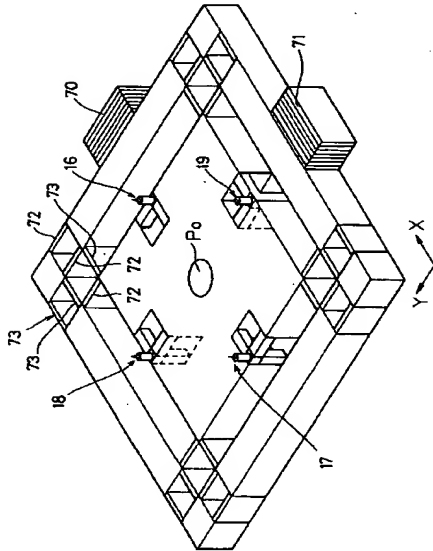
【図11】

本発明の可動ステージの変位量超精密測定方法
の第3実施例を説明する図



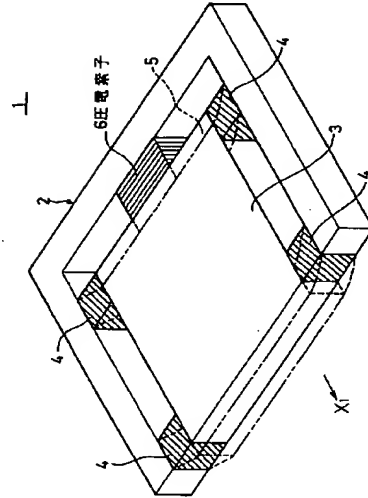
【図14】

本発明の測定方法を適用しうるX-Y可動ステージ構造を示す図



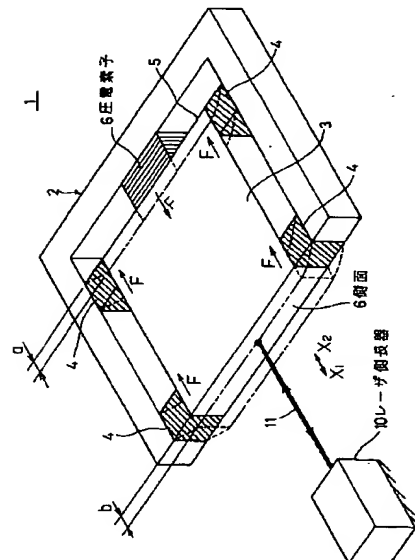
【図15】

露光装置の可動テーブル構造を示す図



【図16】

従来の可動ステージの変位量測定方法を説明する図



フロントページの続き

(72)発明者 阪田 裕司
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内